

**O NOUĂ ABORDARE A PROBLEMATICII ÎNFĂȘURĂRII SUPRAFETELOR,
 BAZATĂ PE METODE DE REPREZENTARE ÎN FORMĂ DISCRETĂ A SUPRAFETELOR,
 ÎN VEDEREA ALGORITMIZĂRII ȘI INFORMATIZĂRII PROFILĂRII SCULELOR
 GENERATOARE**

- Sinteza pe anul 2009 (01.01 – 30.10) –

Activitatea de cercetare în cadrul CONTRACTULUI ID 656/2007 în anul 2009, a avut o etapă unică cu următoarele obiective:

1. Elaborarea unor algoritmi pentru profilarea de corecție a sculelor generatoare a suprafețelor generate prin înfășurare prin metoda aproximării prin poli a suprafețelor cilindrice.
2. Elaborarea unor algoritmi pentru profilarea sculelor generatoare cu contact punctiform (scula-melc) prin metode de reprezentare discretă a suprafețelor (suprafețe reprezentate prin poli).
3. Elaborarea unor noi algoritmi pentru profilarea corectivă a sculelor mărginite de suprafețe de revoluție prin metoda reprezentării poliedrice a suprafețelor.

1. Elaborarea unor algoritmi pentru profilarea de corecție a sculelor generatoare a suprafețelor generate prin înfășurare prin metoda aproximării prin poli a suprafețelor cilindrice

1.1. Algoritm pentru modelarea profilării de corecție a sculei – cremalieră

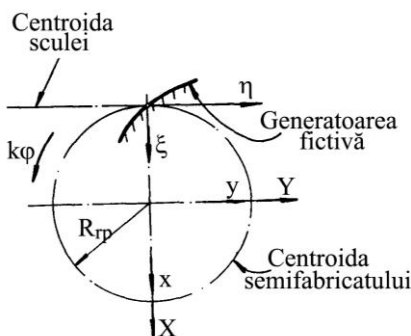
Cunoscând legăturile pentru determinarea profilului (suprafața periferică primară) sculei-cremalieră pornind de la generatoarea nominală a suprafeței de generat și definind, de asemenea, *generatoarea fictivă* a suprafeței ca noua suprafață țintă se construiește un masiv de coordonate.

Se propune un algoritm, în baza *metodei tangentelor*, aplicat generatoarei fictive a noii suprafețe țintă. Astfel, dacă se păstrează definițiile propuse, familia de generatoare fictive este:

$$\begin{cases} \xi = X_i^F \cos \varphi_1 - Y_i^F \sin \varphi_1 + R_{rp}; \\ \eta = X_i^F \sin \varphi_1 + Y_i^F \cos \varphi_1 + R_{rp} \varphi_1. \end{cases} \quad (1)$$

Condiția de înfășurare specifică, specifică metodei, poate fi adusă la forma

$$\left[Y_i^F - R_{rp} \sin \varphi_1 \right] \sin \beta_1^F - \left[-X_i^F - R_{rp} \cos \varphi_1 \right] \cos \beta_1^F = 0. \quad (2)$$



în care X_i^F, Y_i^F sunt coordonate ale matricei reprezentând generatoarea fictivă. Ansamblul ecuațiilor (1), (2) reprezintă *profilul corectat* al sculei-cremalieră.

Fig. 1. Sisteme de referință

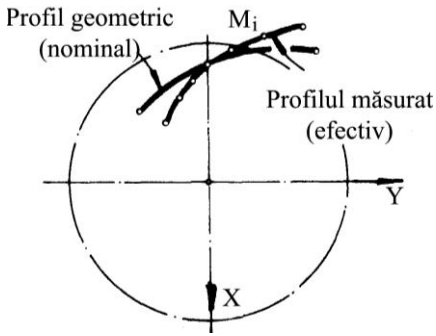


Fig. 4. Profilurile efectiv și nominal

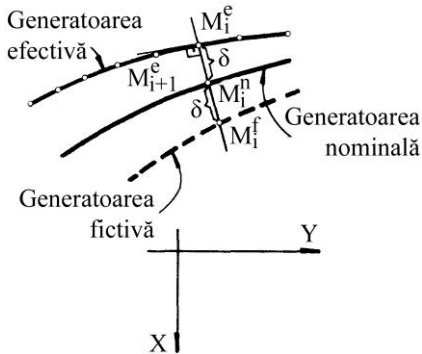


Fig. 5. Generatoarea fictivă

$$(X - X_i^e)N_x + (Y - Y_i^e)N_y = 0, \quad (8)$$

în care N_x și N_y sunt parametrii directori ai normalei, cu definițiile

$$\operatorname{tg} \alpha_i = \frac{|Y_{i+1}^e - Y_i^e|}{|X_{i+1}^e - X_i^e|} \text{ și } N_x = \cos \alpha_i, \quad N_y = \sin \alpha_i. \quad (9)$$

Cu distanța "δ" între M_i^e și M_i^n ,

$$\delta = \sqrt{(X_i^n - X_i^e)^2 + (Y_i^n - Y_i^e)^2}. \quad (10)$$

se determină coordonatele punctului curent de pe generatoarea fictivă:

$$M_i^f : \begin{cases} X_i^f = X_i^n + \delta \cos \alpha_i; \\ Y_i^f = Y_i^n + \delta \sin \alpha_i. \end{cases} \quad (11)$$

• Modelarea profilării de corecție a sculei de tip cuțit-roată prin metoda tangentelor

Dacă se acceptă exprimarea generatoarei fictive a sculei de tip roată în forma

$$G_F = \begin{vmatrix} X_1^F & X_2^F & \dots & X_m^F \\ Y_1^F & Y_2^F & \dots & Y_m^F \end{vmatrix}^T \quad (12),$$

în baza metodei tangentelor, se definește familia de profiluri exprimate în formă discretă, în sistemul de referință al cuțitului-roată:

$$\begin{cases} \xi = X_i^F \cos(\varphi_1 + \varphi_2) - Y_i^F \sin(\varphi_1 + \varphi_2) + A_{12} \cos \varphi_2; \\ \eta = X_i^F \sin(\varphi_1 + \varphi_2) + Y_i^F \cos(\varphi_1 + \varphi_2) + A_{12} \sin \varphi_2. \end{cases} \quad (13)$$

Condiția de înfășurare specifică este

$$\left[(i+1) Y_i^F - i A_{12} \sin \varphi_1 \right] \sin \beta_i^F + \left[(i+1) X_i^F + i A_{12} \cos \varphi_1 \right] \cos \beta_i^F = 0, \quad (14)$$

cu definiția

$$\beta_i^F = \operatorname{arctg} \left[\frac{Y_{i+1}^F - Y_i^F}{X_{i+1}^F - X_i^F} \right] \quad (15)$$

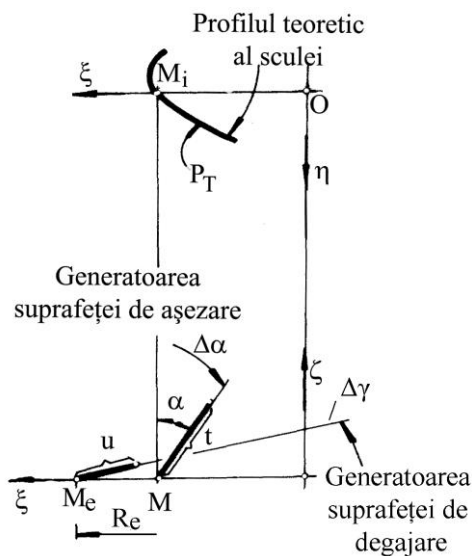


Fig. 6. Suprafața de așezare

în care $X_i^F, Y_i^F, X_{i+1}^F, Y_{i+1}^F$ sunt coordonate ale matricei generatoarei fictive G^F , aproximată prin poli. Forma constructivă a sculei de tip cuțit-roată precum și posibilitățile de reascuțire ale acesteia nu fac posibilă realizarea unui profil generator identic cu profilul corectat, anterior determinat. Se acceptă că cea mai economică modalitate de corecție a profilului sculei este modificarea unghiului de degajare al acesteia, figura 6.

Profilul efectiv după ascuțire (reascuțire) rezultă ca intersecție între suprafața de așezare a sculei și suprafața conică ce reprezintă suprafața de degajare a acesteia, figura 7.

Se presupune cunoscut profilul teoretic (corespunzător generatoarei geometrice a suprafeței de prelucrat), P_T , determinat printr-una din metodele cunoscute.

Suprafața de așezare se consideră ca fiind o suprafață riglată determinată de dreapta $\Delta\alpha$ care se sprijină cu un punct al său pe curba P_T a profilului teoretic al sculei, figura 7.

Se acceptă, pentru profilul teoretic $-P_T$, forma:

$$P_T = \left\| \begin{matrix} \xi_1^T & \xi_2^T & \cdots & \xi_n^T \\ \eta_1^T & \eta_2^T & \cdots & \eta_n^T \end{matrix} \right\|^T. \quad (16)$$

Suprafața de așezare cu generatoarele $(\Delta\alpha)$ are ecuațiile parametrice, vezi figura 6,

$$(\Delta\alpha): \begin{cases} \xi = \xi_i + t \sin \alpha; \\ \eta = \eta_i; \\ \zeta = t \cos \alpha, \end{cases} \quad \text{și } S: \begin{cases} \xi = (R_e - u \cos \gamma) \cos \varphi; \\ \eta = (R_e - u \cos \gamma) \sin \varphi; \\ \zeta = u \sin \gamma, \end{cases} \quad (17)$$

S reprezentând suprafața de degajare a cuțitului-roată, suprafață conică; intersecția între suprafețele (16) și (17) reprezintă profilul geometric (teoretic) al cuțitului-roată, P_T , figura 7,

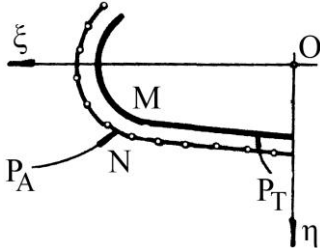


Fig. 7. Profilul teoretic al cuțitului-roată

$$P_T: \begin{cases} (R_e - u \cos \gamma)^2 = (\xi_i + t \sin \alpha)^2 + \eta_i^2; \\ t = \frac{u \sin \gamma}{\cos \alpha}; \\ \varphi = \arcsin \left(\frac{R_e - u \cos \gamma}{\eta_i} \right). \end{cases} \quad (18)$$

Pentru un număr suficient de mare de puncte prin care sunt descrise cele două profiluri, corectat - P_C și aproximat după ascuțire - P_A , se poate defini o poziție relativă între acestea.

Pentru punctul M aparținând profilului P_T , $M = \{\xi_i^T \quad \eta_i^T\}$, se calculează distanțele la punctele profilului P_A , $N = \{\xi_j^A \quad \eta_j^A\}$, cu relația

$$\delta = \sqrt{(\xi_i^T - \xi_j^A)^2 + (\eta_i^T - \eta_j^A)^2} \quad (i = 1, 2, \dots, n), (j = 1, 2, \dots, n). \quad (19)$$

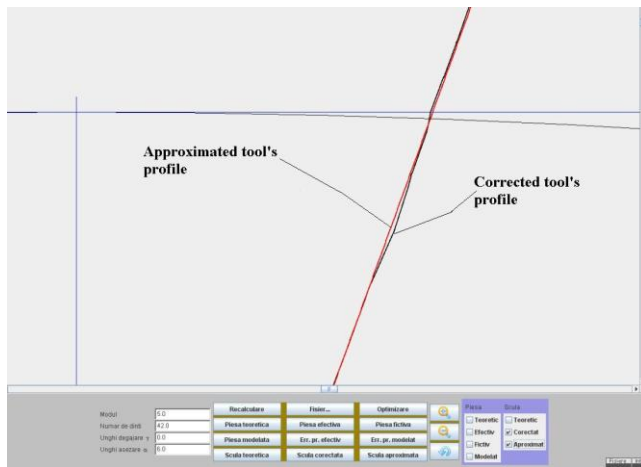


Fig. 8. Applet Java

program, ca o aplicație pentru corecția sculei roată, pentru o dantură evolventică ($z=42$, $m=5$ mm).

Obiectivul 2. Elaborarea unor algoritmi pentru profilarea sculelor generatoare cu contact punctiform (scula-melc) prin metode de reprezentare discretă a suprafețelor (suprafețe cilindrice reprezentate prin poli).

Abordarea problematicii profilării suprafețelor periferice primare a sculei de tip melc în condițiile cunoașterii în formă discretă a suprafeței de generat.

O astfel de problema de generare necesită un algoritm particular dedicat acestei probleme. Descrierea unei suprafețe, cunoscută numeric, prin polinoame de aproximare Bezier poate constitui o

variante de algoritm pentru profilarea sculei melc, in condițiile in care precizia de generare este satisfăcătoare. Evident, o rezolvare de acest tip este destinata generării vârtejurilor ordonate de suprafețe, in primul rând pentru cele neevolventice pentru care apare întotdeauna necesitatea unei profilări a sculei, profilul acesteia nefiind îndeobște cunoscut. În figura 9, este prezentat sistemul de axoide în rulare;

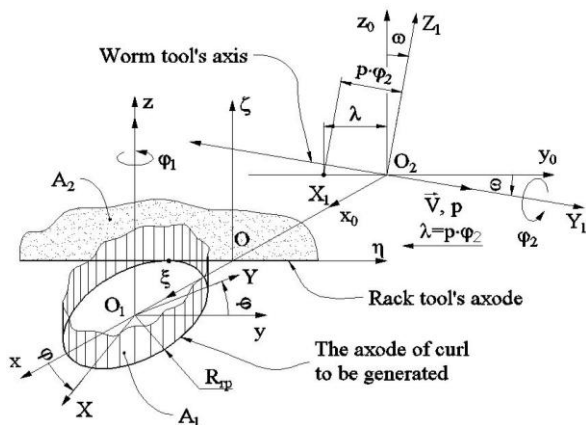


Fig. 9. Axoide în rulare și sisteme de referință

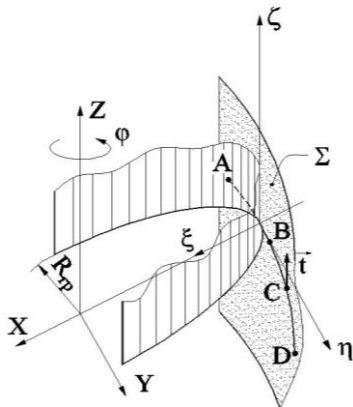


Fig.10. Suprafața Σ a vârtejului de suprafețe de generat, cunoscută prin 4 puncte ale generatoarei:

$$A[X_A, Y_A], B[X_B, Y_B], \\ C[X_C, Y_C], D[X_D, Y_D]$$

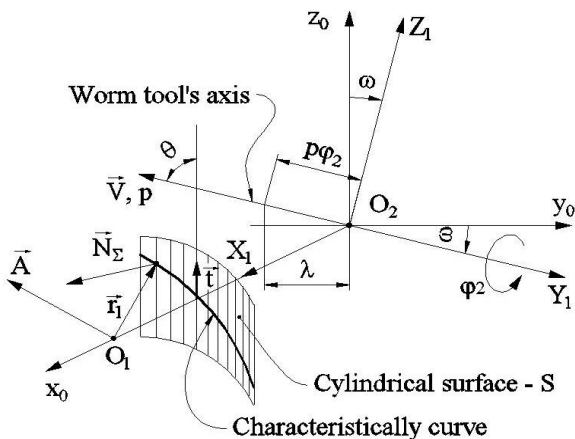


Fig. 11. Metoda descompunerii mișcării elicoidale. Sisteme de referință

Astfel, caracteristica suprafeței S, în mișcarea compusă: translație în lungul generatoarei \vec{t} și rotație în jurul axei \vec{A} , nu depinde de aceea componenta a mișcării în decursul căreia suprafața se autogenerază, fiind îndeplinită identitatea:

$$\vec{N}_S \cdot \vec{t} \equiv 0, \quad (23)$$

Mărimea parametrului ω se determina din condiția ca elicea aparținând elicoidului \vec{V}, p aflată pe cilindrul de rază R_s să fie paralela cu \vec{t} versorul generatoarei flancului cilindric al cremalierii,

mișcarea relativă a sistemului solidar axei A1, a suprafeței de generat, XYZ, în raport cu sistemul de referință asociat spațiului cremalierii $\xi\eta\zeta$ este data de transformarea:

$$\xi = \omega_3^T(\varphi_1) \cdot X - a \quad (20)$$

cu definiția punctului curent de pe suprafața de generat, ca o suprafață cilindrică cu generatoarele paralele cu direcția $Z(\vec{K})$:

$$\begin{cases} X = X(U) \\ \Sigma \quad Y = Y(U), \\ Z = t \end{cases} \quad (21)$$

pentru u variabila discretă cunoscută printr-un număr redus de valori (**3 sau 4 puncte**), ca element al unui profil complex, aproximat prin poli.

Profilarea suprafeței periferice primare a sculei-melc

Cunoscută fiind suprafața flancului cremalierii (în forma aproximată sub forma unui polinom Bezier) se propune determinarea caracteristicii (curba de contact) la contactul acesteia cu viitoarea suprafață periferică primară a sculei melc, prin utilizarea metodei descompunerii mișcării elicoidale.

Se accepta ca mișcarea elicoidală generatoare a suprafeței periferice primare a sculei-melc, (\vec{V}, p) se descompune într-o sumă de mișcări echivalente: mișcare de translație, după direcția \vec{t} a versorului generatoarelor suprafețelor cilindrice – flancul cremalierii – și o mișcare de rotație de axa \vec{A} , paralela cu \vec{V} și aflată la distanța:

$$a = p \cdot \tan(\theta) \quad (22)$$

de axa suprafeței elicoidale \vec{V} , vezi și .fig. 10.

$$\tan \omega = \frac{2\pi \cdot p}{2\pi \cdot R_{fs}} = \frac{p}{R_{fs}} \quad (24)$$

cu p - parametrul elicoidal al suprafeței periferice primare a sculei melc.

Astfel, condiția pentru determinarea caracteristicii devine:

$$(\vec{A}, \vec{N}_S, \vec{r}_1) = 0. \quad (25)$$

Pe baza algoritmilor prezentați a fost realizat, în limbajul de programare Java, un produs soft destinat profilării sculei melc. În figura 12, este prezentată o captură de ecran a acestui program.

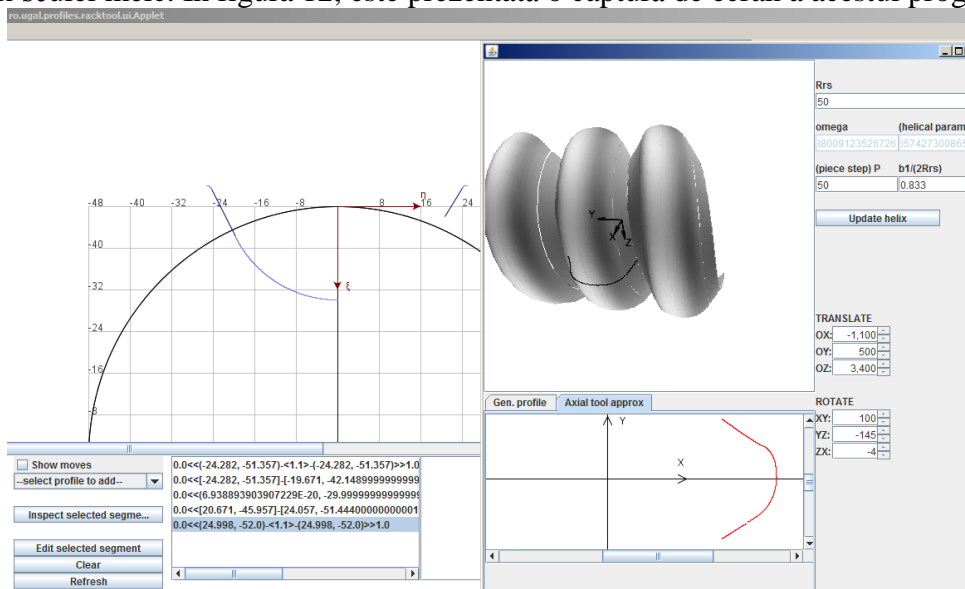


Fig. 12. Applet java – scula melc

Obiectivul 3. Elaborarea unor noi algoritmi pentru profilarea corectivă a sculelor mărginite de suprafețe de revoluție prin metoda reprezentării poliedrice a suprafețelor

Reprezentarea suprafețelor elicoidale exprimate în formă discretă, ca rezultat al măsurării, în forma imaginată în Obiectivul 2-metoda reprezentării poliedrale, conduce la cunoașterea unei generatoare efective G_E , presupusă plană, vezi figura 13, care permite determinarea unei oglinzite a acesteia în raport cu generatoarea teoretică a suprafeței:

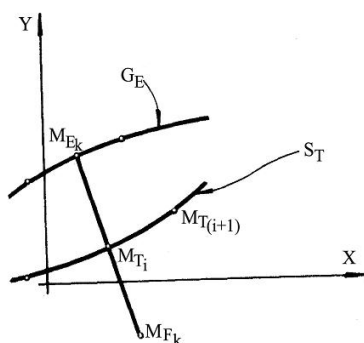


Fig. 13. Generatoarea fictivă

$$M_{Fk} \begin{cases} X_{Fk} = X_{M_{Ek}} + (1 + \lambda) d_{\min} \sin \alpha_i; \\ Y_{Fk} = Y_{M_{Ek}} - (1 + \lambda) d_{\min} \cos \alpha_i; \end{cases}$$

$$d_{\min} = \sqrt{(X_{Ek} - X_{Ti})^2 + (Y_{Ek} - Y_{Ti})^2} \Big|_{\min} \quad (26)$$

$$\operatorname{tg} \alpha_i = \frac{|Y_{T(i+1)} - Y_{Ti}|}{|X_{T(i+1)} - X_{Ti}|}$$

λ coeficient de amplificare, obișnuit ($\lambda = 1$), care conduce la o formă a generatoarei fictive

$$G_F = \left\| \begin{matrix} X_{F1} & X_{F2} & \dots & X_{Fk} \\ Y_{F1} & Y_{F2} & \dots & Y_{Fk} \end{matrix} \right\|^T. \quad (27)$$

Scula disc. Profilarea corectivă a sculelor mărginite de suprafețe de revoluție (scule disc, inelare, cilindro-frontale) presupune elaborarea unor algoritmi pentru aproximarea condiției de înfășurare.

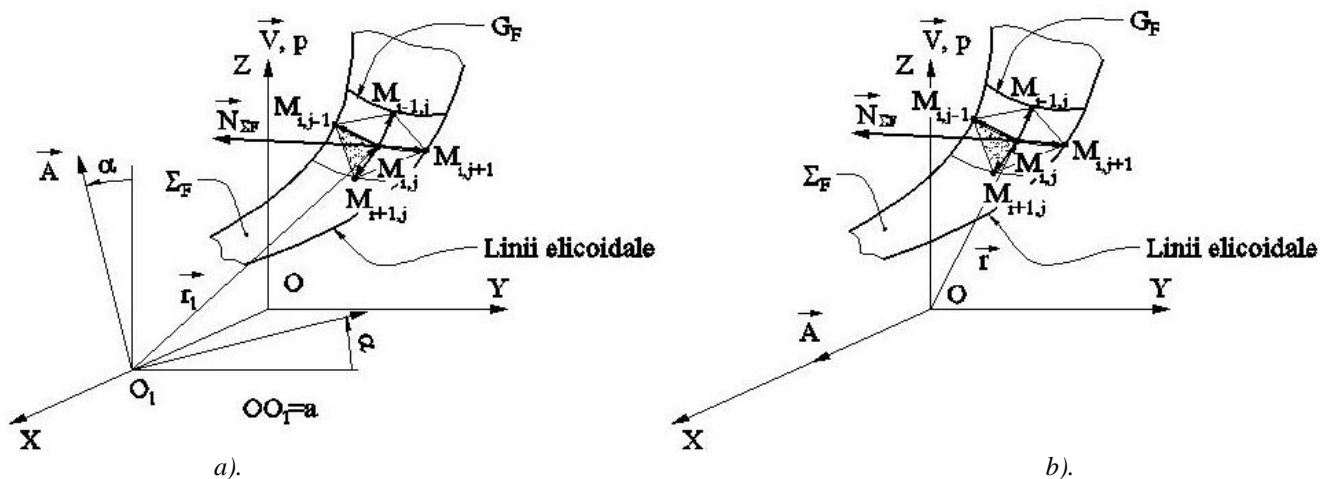


Fig. 14. Scule suprafețe de revoluție: a). scula disc; b). scula cilindro-frontală

Se definește, pentru cazul sculei disc suprafața fictivă, care rezultă imprimând generatoarei (27) o mișcare elicoidală (\vec{V}, p) , vezi figura 14.a.

Condiția de înfășurare se reduce la:

$$\left| \vec{A}, \vec{r}_1, \left(\overrightarrow{M_{i,j}M_{i,j-1}} \times \overrightarrow{M_{i,j}M_{i+1,j}} \right) \right| \leq \varepsilon \quad (28)$$

ε - arbitrar și suficient de mic în valoare absolută ($\varepsilon = 10^{-3} \dots 10^{-2}$ mm).

Totalitatea punctelor suprafeței fictive care satisfac condiția de înfășurare specifică, (28), formează caracteristica suprafeței fictive, care permit, ulterior, determinarea suprafeței periferice primare a sculei disc.

În mod similar, pentru **scula cilindro-frontală**, vezi figura 14.b, condiția pentru determinarea curbei caracteristice este:

$$\left| \vec{A}, \vec{r}_1, \left(\overrightarrow{M_{i,j}M_{i,j-1}} \times \overrightarrow{M_{i,j}M_{i+1,j}} \right) \right| \leq \varepsilon. \quad (29)$$

Cazul profilării sculei suprafață cilindrică, similar, se ajunge la o forma a condiției de înfășurare

$$\left| \vec{t}, \left(\overrightarrow{M_{i,j}M_{i,j-1}} \times \overrightarrow{M_{i,j}M_{i+1,j}} \right) \right| \leq \varepsilon. \quad (30)$$

cu \vec{t} , direcția generatoarelor suprafeței cilindrice.

În baza algoritmilor s-a elaborat un produs soft dedicat, în figura 15 fiind prezentată o captură de ecran specifică. S-au elaborat aplicații pentru profilarea sculelor generatoare a canalelor burghiilor elicoidale multitaș, cu tășuri curbe.

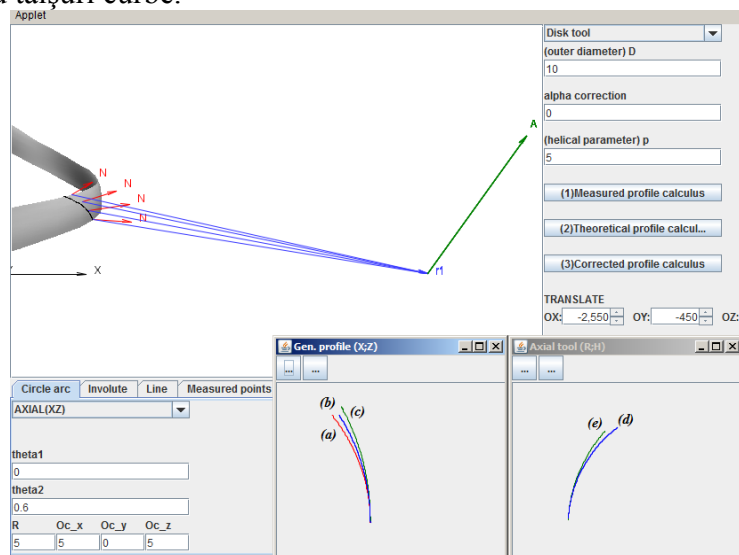


Fig. 15. Applit java-scule disc: (a) – profilul efectiv; (b) – profilul teoretic; (c) – profilul fictiv, (d) – secțiunea axială a sculei teoretice; (e) – secțiunea axială corectată a sculei disc